

Dr. TADEUSZ ORYNG

ĆWICZENIA Z FIZYKI

**DLA UCZNIÓW
GIMNAZJUM WYŻSZEGO**

WARSZAWA 1928

**NAKŁAD KRAJOWEJ WYTWÓRNI PRZYRZĄDÓW FIZYCZNYCH
„FIMA”.**

2952
Dr. TADEUSZ ORYNG

ĆWICZENIA Z FIZYKI

DLA UCZNIÓW
GIMNAZJUM WYŻSZEGO

*Dar dla Biblioteki UMCS
12.9.72*

Jeney Remy

WARSZAWA 1928

NAKŁAD KRAJOWEJ WYTWÓRNI PRZYRZĄDÓW FIZYCZNYCH

„FIMA”

189988



1000174505

D 1955 / 2 / 2

Fiz

DRUK. J. K E L T E R, WARSZAWA, RYMARSKA № 8.

BIBLIOTEKA
UMCS
LUBLIN

Ćwiczenia z fizyki przeznaczone są do użytku uczniów klas VI, VII i VIII gimnazjum humanistycznego. Przy układzie ćwiczeń autor kierował się wymaganiami programu szkolnego (jedynie ćwiczenia 14 i 29 wykraczają nieco poza ramy programu) i względami na szczupłe środki materialne szkół średnich. Ostatni wzgląd zdecydował o doborze przyrządów, które odznaczają się taniością i prostotą. Autor nie podaje wyników spostrzeżeń ani ich obliczeń, chcąc w ten sposób zmusić ucznia do głębszego zastanowienia się nad tematem i do korzystania z książek. Obaczniki bezpośrednio odsyłają ucznia do podręczników szkolnych, a mianowicie do „Fizyki” Kalinowskiego i do „Nauki Fizyki” Natansona i Zakrzewskiego. Wszystkie przyrządy potrzebne do ćwiczeń przygotowuje w porozumieniu z autorem firma Krajowa Wytwórnia Przyrządów Fizycznych „F i m a” w Warszawie.

T. O.

Warszawa, w sierpniu 1928 r.

1. Pomiar objętości.

a. Budowa i zastosowanie suwaka. Stwierdzić, że pierwsza (zerowa) kreska podziałki nieruchomej schodzi się z pierwszą (zerową) kreską podziałki ruchomej (nonjusa), gdy szczęki i ostrza suwaka stykają się z sobą. Zbadać, ilu odstępom podziałki nieruchomej odpowiada jeden odstęp podziałki ruchomej, i o ile oddalą się od siebie szczęki i ostrza suwaka, gdy zejdą się kreski pierwsze, drugie, trzecie i t. d. obu podziałek. Stwierdzić, która kreska nonjusa wskazuje odległość pierwszej jego kreski od najbliższej wstecz położonej kreski podziałki nieruchomej. Jaki ułamek centymetra można mierzyć korzystając z nonjusa? Ustawić suwak tak, aby odległość szczęk (i ostrzy) wynosiła 0'15, 2'77 3'04, 3'86 cm i t. d.

b. Budowa i zastosowanie śruby mikrometrycznej. Sprawdzić, czy zero podziałki ruchomej (na obwodzie płaszcza śruby) leży na przedłużeniu kreski stałej, gdy końce śruby stykają się (w przeciwnym razie należy pomiary odpowiednio poprawić). Wykonać śrubą kilkakrotnie całkowity obrót i stwierdzić każdorazowo przy pomocy suwaka, o ile oddaliły się od siebie końce śruby, i odczytać na nieruchomej podziałce, o ile podziałek oddalił się brzeg płaszcza od pierwotnego położenia. Czemu równa się jeden odstęp podziałki nieruchomej? Ustawić śrubę tak, aby odległość końców śruby wynosiła 0'315,

0.668, 1.030, 1.293 cm i t. d., i wymierzyć te odległości suwakiem.

c. Obliczyć objętości brył (prostopadłościanów, kul, walców pełnych i próżnych) z pomocą suwaka i śruby. Potrzebne wymiary wyznaczyć w rozmaitych miejscach bryły; w razie różnicy wziąć średnie wartości każdego wymiaru. Objętość kuli $= \frac{4}{3} \pi r^3$, objętość walca $= \pi r^2 h$, gdzie r promień kuli lub walca, h wysokość walca.

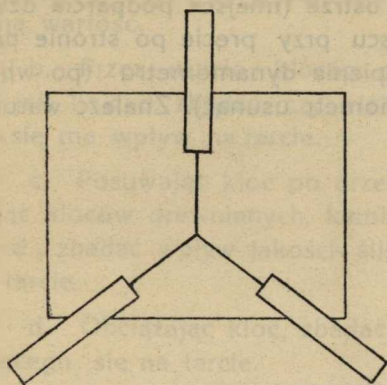
2. Składanie sił.

a. Sporządzenie podziałki dynamometru. Zawieszać za pomocą sznurka na pionowo umocowanym dynamometrze kolejno ciężarki 100, 200, 300, 400, 500 gr i oznaczać ołówkiem na papierze, przyklejonym do deseczki dynamometru, miejsca, do których przesuwa się wskazówka dynamometru. Jeżeli przy powtórnem oznaczeniu otrzymany wynik będzie zgodny z wynikiem poprzednim, zmierzyć linijką odległości pomiędzy kreskami i podzielić je na 5 lub 10 równych części. Otrzymany wynik zestawzić w tabelce (ciężar, całkowite wydłużenie, wydłużenie na 100 gr) i przedstawić na wykresie wydłużenie sprężyny w zależności od jej obciążenia. (Ob. prawo Hooke'a).

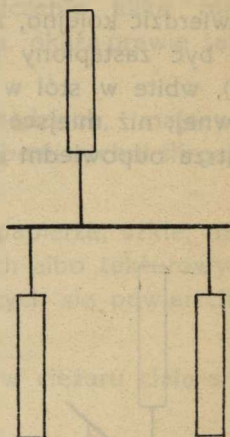
b. Składanie sił rozbieżnych. Przyrząd składa się z trzech dynamometrów, z których jeden zaopatrzony jest w kółeczko, a dwa w haczyki. Za pomocą ostrzy przytwierdza się dynamometry do stołu w płaszczyźnie poziomej. Pod sznurkami dynamometrów przymocowuje się do stołu papier. Miejsce przytwierdzenia jednego dynamometru nie ulega zmianie podczas ćwiczeń, — dwóch pozostałych zaś należy zmieniać tak, aby kąt utworzony przez sznurki tych dynamometrów mógł być dowolnie zmieniany w granicach od 0° do 180° (ob. rys. 1).

Rysując na papierze wzdłuż trzech sznurków proste, przedłużając je do przecięcia i odkładając na każdej od miejsca przecięcia odcinki, proporcjonalne do sił odczytanych na skali dynamometrów, stwierdzić zapomocą konstrukcji równoległoboku (sił), że równoważna siła równa się wypadkowej, której wielkość i kierunek wyznacza

przekątna zbudowanego równoległoboku. Stwierdzić to oddzielnie dla każdej z trzech par sił. Stwierdzić, że przy powiększaniu kąta pomiędzy sznurkami (siłami), równoważna, więc i wypadkowa, zmniejsza się, a przy zmniejszaniu kąta — zwiększa się. Naprz.: czemu równa się wy-



Rys. 1.



Rys. 2.

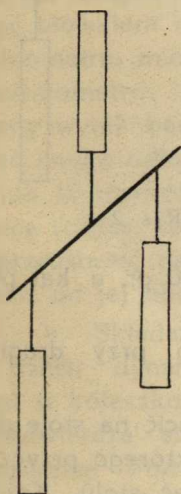
padkowa, gdy siły składowe są 200 i 300 gr, a kąt pomiędzy niemi: 30° , 60° , 90° , 120° , 150° ?

Ustawiając dwa dynamometry jeden przy drugim znaleźć, czemu równa się wypadkowa.

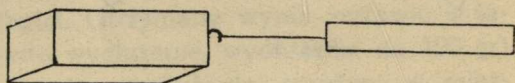
c. Składanie sił równoległych. Umieścić na stole dynamometry, tak jak na rys. 2. Pręt, do którego przyczepiono dynamometry, nie powinien dotykać stołu. Każda z trzech sił może być uważana za równoważną dwóch pozostałych. Stwierdzić przy różnych położeniach dynamometrów i przy różnych ich napięciach: 1) jak skierowana jest siła równoważna (wypadkowa); 2) czemu równa się równoważna (wypadkowa), gdy siły składowe są skierowane zgodnie lub wprost przeciwnie; 3) gdzie znajduje się miejsce zaczepienia równoważnej (i wypadkowej) czyli t. zw. środek sił równoległych w pierwszym i drugim przypadku; 4) jaki jest stosunek odległości sił składowych od siły równoważnej do wielkości sił składowych w obu przy-

padkach. Przesuwając dynamometr o największym napięciu, łącznie z prętem, w lewo lub w prawo (rys. 3), stwierdzić, że kierunek sił równoległych nie ma wpływu na równowagę ciał (to znaczy potwierdzić wyniki powyżej znalezione).

d. Dźwignia. Ustawić dynamometry, jak na rys. 2. Stwierdzić kolejno, że każdy z trzech dynamometrów może być zastąpiony przez ostrze (miejsce podparcia dźwigni), wbite w stół w miejscu przy przecięciu po stronie przeciwnej, niż miejsce zaczepienia dynamometru (po wbiciu ostrza odpowiedni dynamometr usunąć). Znaleźć warunek



Rys. 3.



Rys. 4.

równowagi: 1) dźwigni dwustronnej przy stosunku ramion 1:2, 1:3 i dowolnym i przy siłach prostopadłych do dźwigni; 2) dźwigni jednostronnej przy stosunku ramion 1:2, 1:3 i dowolnym i przy siłach prostopadłych do dźwigni; 3) obu dźwigni (papier pod sznurkami dynamometrów) przy dowolnym kierunku sił względem dźwigni. (Ob. momenty sił).

3. Pomiar tarcia.

a. Połączyć z dynamometrem prostopadłościenny kłoc drewniany lub inny i, trzymając dynamometr poziomo, ciągnąć go powoli, aż wreszcie kłoc posunie się po stole (rys. 4). Odczytać na podziałce napięcie (siłę) dynamometru. Powtarzać to samo doświadczenie kilka razy, dopóki siły, użyte do posunięcia kłoca, okażą prawie taką samą wartość.

b. Przez użycie kłoców o krawędziach, mających się jak 1 : 2 : 3, zbadać, czy wielkość powierzchni ślizgającej się ma wpływ na tarcie.

c. Posuwając kłoc po drzewie, papierze, szkłe, używając kłoców drewnianych, kamiennych albo tekturowych i t. d., zbadać wpływ jakości ślizgających się powierzchni na tarcie.

d. Obciążając kłoc, zbadać wpływ ciężaru ciała ślizgającego się na tarcie.

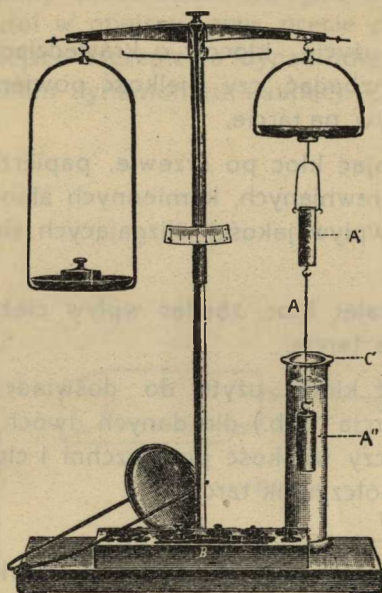
e. Zważyć kłoce użyte do doświadczeń i obliczyć współczynniki tarcia (ob.) dla danych dwóch powierzchni; przekonać się, czy wielkość powierzchni i ciężar ciała mają wpływ na współczynnik tarcia.

4. Sprawdzenie prawa Archimedesesa.

a. Dwa walce metalowe, z których jeden wchodzi szczelnie w drugi, zawiesić jak na rys. 5. Zważyć je w powietrzu, a potem podstawić naczynie z wodą tak, aby dolny pełny walec całkowicie zanurzył się w wodzie, natomiast górny nie zetknął się z powierzchnią wody. Po wypełnieniu wodą górnego próżnego walca belka wagi powróci do położenia poziomego. Wagę należy przed użyciem sprawdzić. Gdyby wychylenia wskazówki po obu stronach środka skali nie były równe, to należy wagę wyregulować przy pomocy śrubek, umieszczonych na końcach belki wagi. Ciężarki należy kłaść na prawą szalkę wagi, ciała ważone na lewą. Ciężarków nie dotykać palcami. Opuścić, po skończonem ważeniu, belkę wagi.

b. Zważyć ciało w powietrzu i wodzie. Starować na wadze zlewkę z wodą i zanurzyć w niej to samo ciało, zawieszone na nitce, trzymając swobodny koniec nitki w ręce. Doprowadzić wagę do równowagi. W jakim stosunku znajduje się przyrost na ciężarze zlewki z wodą do straty na ciężarze ciała zanurzonego?

c. Nasypać do probówki śrutu i zważyć. Zanurzyć



Rys. 5.

do mensurki z wodą tak, aby probówka ze śrutem pływała pionowo w wodzie. Obliczyć ciężar wypartej wody (gęstość wody $= 1$). W jakim stosunku znajduje się ciężar pływającej probówki do ciężaru wypartej cieczy? (Ob. budowę areometru).

5. Pomiar gęstości.

a. Przez wyznaczenie objętości ciała (jak w ćw. 1) i zważenie go.

b. Wyznaczenie gęstości względnych ciał gatunkowo

cięższych od wody na podstawie prawa Archimedeśa. Zważyć ciało w powietrzu, następnie w wodzie; oznaczyć stratę na wadze i obliczyć gęstość ciała, przyjmując gęstość wody za jednostkę.

c. Wyznaczenie gęstości względnych ciał, gatunkowo lżejszych od wody, na podstawie prawa Archimedeśa. Zważyć ciało (parafina, drzewo) w powietrzu; po zważeniu przywiązać do badanego ciała na nitce bryłkę metalową dostatecznie wielką, aby spowodowała zanurzenie się jego w wodzie, i zważyć, zanurzwszy bryłkę metalową do wody (jak na rys. 5); następnie zważyć, gdy oba ciała znajdują się w wodzie. Oznaczyć stratę na wadze i obliczyć gęstość (jak w b).

d. Wyznaczenie gęstości względnych cieczy na podstawie prawa Archimedeśa. Wyznaczyć stratę ciała na wadze, ważąc go kolejno w wodzie, w oleju i w nasyconym roztworze soli kamiennej. Otrzymane liczby oznaczają masy równych objętości wody, oleju i roztworu soli. Obliczyć gęstości tych cieczy.

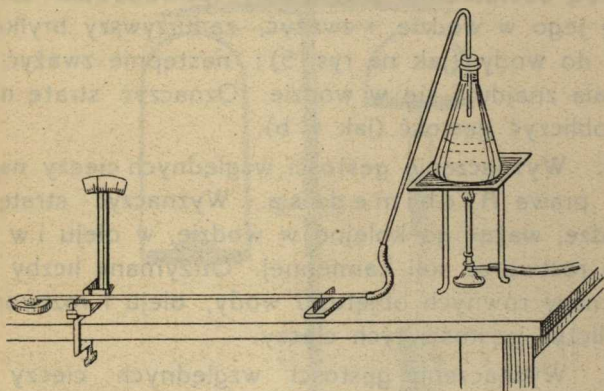
e. Wyznaczenie gęstości względnych cieczy z pomocą piknometru. Zważyć próżny piknometr wraz z koreczkiem; wypełnić piknometr wodą i, usunąwszy starannie ciecz, która wydostała się na wierzch koreczka, zważyć. Wreszcie, zważyć piknometr po wypełnieniu go badaną cieczą. Obliczyć gęstość badanej cieczy, przyjmując, jak zwykle, gęstość wody za jedność.

f. Wyznaczenie gęstości śrutu lub piasku z pomocą piknometru. Odważyć kilkadziesiąt gramów śrutu lub piasku. Zważyć piknometr wypełniony wodą. Wrzucić do piknometru z wodą odważony śrut i zważyć (po staranem wysuszeniu piknometru). Na podstawie otrzymanych wyników obliczyć gęstość śrutu (wzgl. piasku).

6. Pomiar rozszerzalności cieplnej.

a. Wyznaczenie średniego współczynnika rozszerzalności linowej żelaza, mosiądzu i szkła. Po zmierzeniu odległości pomiędzy rowkami, znajdującymi się na rurach, umieszczać rury kolejno na ostrzach. Łączyć rury zapo-

mocą rurki gumowej z kolbą, wypełnioną do połowy wodą (rys. 6). Sprawdzić, czy wskazówka wskazuje zero podziałki i czy porusza się swobodnie. Zmierzyć temperaturę początkową (otoczenia). Końcową temperaturą jest temperatura wrzenia wody. Doświadczenie powtórzyć kilkakrotnie, zestawić wyniki i obliczyć średni współczynnik rozszerzalności linowej (ob.) każdej z rur.



Rys. 6.

b. Wyznaczenie średniego współczynnika rozszerzalności objętościowej rtęci (wzgl. gliceryny lub oleju). Wyznaczyć pojemność piknometru (V_1), napęlnić go badaną cieczą i zważyć (por. ćw. 5e). Następnie, po zauważeniu temperatury początkowej (t_1), zanurzyć piknometr do wody (w przypadku gliceryny lub oleju górna część koreczka powinna wystawać ponad poziomem wody w zlewce) i powoli ogrzewać, ciągle mieszając wodę. Gdy termometr wskaże $60^\circ - 70^\circ$, usunąć płomień, strząsnąć kropelkę cieczy z powierzchni koreczka, wyjąć piknometr z wody, wysuszyć starannie i po ostygnięciu zważyć. Obliczyć pojemność piknometru (V_2) w temperaturze końcowej (t_2), przyjmując, że współczynnik rozszerzalności objętościowej szkła równa się potrójnemu współczynnikowi rozszerzalności linowej (ob. ćw. poprz.). Obliczyć gęstość rtęci (d_1) w temperaturze t_1 i gęstość rtęci (d_2) w temperaturze t_2 .

Stąd już łatwo obliczyć współczynnik rozszerzalności objętościowej rtęci (wzgl. gliceryny lub oleju).

7. Obliczenie równoważnika wodnego kalorymetru.

Równoważnik wodny kalorymetru wskazuje, ile gramów wody pochłania w danych warunkach tyleż ciepła co kalorymetr wraz ze wszystkimi użytymi przyrządami. W celu obliczenia równoważnika wodnego należy wlać do m gr wody w temper. t_1 m_2 gr wody w temp. t_2 i po zmieszaniu odczytać temperaturę końcową t . Temperatury początkowe t_1 i t_2 należy odczytać bezpośrednio przed dolaniem wody (najlepiej używać oddzielnie dwóch termometrów i nie wyjmować termometru z kalorymetru). Należy unikać zbyt dużych różnic temperatur. — Przyjmując, że kalorymetr jest doskonale, po względem cieplnym, izolowany, i że dla ogrzania 1 gr wody o jeden stopień potrzeba jednej kalorii, obliczyć, ile kaloryj zużyto na ogrzanie kalorymetru wraz z termometrem, i jaka ilość wody zużyłaby tyleż ciepła w tych samych warunkach. Znaleziony równoważnik wodny uwzględniać przy dalszych pomiarach kalorymetrycznych (zapamiętać numer kalorymetru).

8. Pomiar ciepła właściwego.

a. Ciepło właściwe żelaza. Ogrzewając w tem samym naczyniu kolejno 1) 1000 gr wody, 2) 500 gr wody i 3) 500 gr wody z 500 gramowym odważnikiem żelaznym, stwierdzić, w jakim czasie, przy równomiernym i niezmiennym dopływie ciepła, temperatura podniosła się w każdym z trzech przypadków o tę samą ilość stopni, licząc zawsze od tej samej temperatury początkowej. Temperaturę należy odczytywać co minutę, starannie mieszając wodę przed odczytaniem. Przyrost temperatury powinien wynosić 20° — 30° . Płomień palnika zasłonić w celu zabezpieczenia go od przeciągów. Unikać szybkiego ogrzewania. Otrzymane wyniki pozwalają obliczyć ciepło właściwe żelaza; za podstawę obliczeń można wziąć I i III lub II i III serję spostrzeżeń (serja II jest kontrolą serji I).

Ciepło właściwe wody = 1. Przedstawwszy na wykresie związek pomiędzy czasem a przyrostem temperatury, wskazać (po przeprowadzeniu równoległej do osi czasów) odcinki, których stosunek jest jednocześnie stosunkiem ciepła właściwego żelaza do ciepła właściwego wody.

b. Wyznaczenie ciepła właściwego żelaza, ołowiu, szkła metodą mieszania. Odważoną ilość ciała badanego, znajdującą się w probówce zatkanej watą, trzymać we wrzącej wodzie. Po upływie 10 minut gdy ciało ogrzało się do temperatury kąpeli, wsypać szybko zawartość próbówki do odmierzonej ilości wody w kalorymetrze, odczytawszy temperaturę wody bezpośrednio przedtem. Po wymieszaniu odczytać ostateczną temperaturę wody ogrzanej. Obliczyć ciepło, utracone przez badane ciało, i ciepło, pochłonięte przez wodę w kalorymetrze i przez kalorymetr (równoważnik wodny (ćw. 7). Przyjmując, że ciepło utracone równa się ciepłu pochłoniętemu, ułożyć równanie, na podstawie którego da się obliczyć ciepło właściwe ciała badanego. Pomiar powtórzyć z każdym ciałem kilkakrotnie.

c. Wyznaczenie ciepła właściwego cieczy (oleju). Zważyć wewnętrzne naczynie kalorymetru. Napelnić je do $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ badaną cieczą i zważyć ponownie. Następnie postąpić tak samo, jak w ćw. poprzednim. Znając ciepło właściwe ciała, które wrzuca się do badanej cieczy, można obliczyć ciepło właściwe cieczy. Doświadczenie powtórzyć z innym ciałem.

9. Pomiar ciepła topnienia wody.

Do odmierzonej ilości wody o znanej temperaturze wrzucić garść śniegu lub drobno potłuczonego lodu, wymieszać i, po stopnieniu lodu, odczytać temperaturę końcową. Ilość śniegu poznaje się, ważąc lub odmierzając w mensurce wodę po skończonem doświadczeniu. Doświadczenie powtórzyć, biorąc inną ilość wody i śniegu. Unikać zbyt znacznego oziębienia się wody. Obliczyć ilość ciepła, utraconego przez wodę i przez kalorymetr (równo-

ważnik wodny). Wiedząc, że ta ilość została zużyta na stopienie lodu (temperatura początkowa lodu 0°) i ogrzanie wody, powstałej z lodu, do temperatury końcowej, ułożyć równanie, na podstawie którego da się obliczyć ciepło topnienia wody.

10. Pomiar ciepła wrzenia wody.

Wlać do kalorymetru odmierzoną ilość wody. Kolbę, napełnioną do połowy wodą, zamknąć korkiem z rurką i ogrzewać. Gdy para już będzie uchodziła przez kilka minut z rurki, zanurzyć koniec rurki do wody, której temperaturę zmierzono. Gdy woda w kalorymetrze ogrzeje się do 40° — 45° , usunąć rurkę i natychmiast odczytać temperaturę wody. Ilość wody skroplonej poznaje się, ważąc lub odmierzając w mensurce wodę po skończonem doświadczeniu. Doświadczenie powtórzyć, zmieniając jego warunki.

Ciepło, pochłonięte przez wodę i przez kalorymetr (równoważnik wodny), równa się ciepłu, utraconemu przez parę przy skraplaniu i przez powstałą z pary wodę, oziębioną od temperatury 100° do temperatury końcowej. Po ułożeniu odpowiedniego równania obliczyć ciepło wrzenia wody.

11. Pomiar ciepła rozpuszczania.

Odważyć około 20 gr chlorku sodowego lub 10 gr chlorku potasowego. Wsypać do probówki i zanurzyć do wody w kalorymetrze. Po 10 minutach, gdy temperatura soli zrówna się z temperaturą wody, zmierzyć temperaturę wody i wsypać zawartość probówki do kalorymetru. Gdy sól się rozpuści (ciągle mieszać!) odczytać temperaturę końcową wody. Obliczyć ciepło rozpuszczania badanej soli w stosunku do 1 mola.

12. Pomiar prężności pary nasyconej.

Rurkę barometryczną, wypełnioną rtęcią, zanurzyć do miseczki z rtęcią. Gdy rtęć opadnie, odnotować poziom rtęci. Zapomocą odpowiednio zakrzywionej pipety wpro-

wadzić do rurki kolejno kilka kropel wody, alkoholu i eteru i za każdym razem odnotować poziom rtęci w rurce. Kolejne różnice poziomów, mierzone w cm, odpowiadają ciśnieniu odnośnej pary nasyconej w danej temperaturze. Uważać, aby przy odnotowywaniu poziomu rtęci w rurce, rurka dotykała dna miseczki i znajdowała się w położeniu pionowym. Po skończonem doświadczeniu wlać rtęć do sącza, u spodu którego zrobiono szpilką niewielki otwór. Przez otwór będzie rtęć spływała do naczynia. Kropelki rtęci przypadkowo rozlane na stole zebrać szczypcami do oddzielnego naczynia.

13. Wyznaczenie ciepła właściwego oleju przez pomiar szybkości ostygania.

Napełnić naczynie blaszane odmierzoną ilością wody (do tego celu może służyć wewnętrzne naczynie kalorymetru) i ogrzać do 55° — 60° . Następnie, usunąć palnik, przykryć naczynie pokrywą, włożyć w otwór, znajdujący się w pokrywie, termometr i notować co 2 minuty temperaturę wody, mieszając wodę termometrem. Gdy temperatura opadnie poniżej 30° , przerwać obserwacje i powtórzyć to samo (w tym samym naczyniu) z taką samą co do objętości ilością oleju. Obliczyć, w ciągu ilu sekund ostygła woda o 20° (od 50° do 30°), i w ciągu ilu sekund ostygł olej w tych samych warunkach. Jeśli masa wody m , a ilość sekund, w ciągu których woda ostygła od t_1 — t_2 , jest n , to $m(t_1 - t_2) : n$ jest średnią szybkością ostygania wody, określoną kalorymetrycznie (ciepło właściwe wody $c = 1$). Wyznaczyć w taki sam sposób kalorymetryczną szybkość ostygania oleju, którego ciepło właściwe jest c_x . Ponieważ kalorymetryczna szybkość ostygania jest zależna tylko od jakości powierzchni nieprzezroczystego naczynia i od jego temperatury, więc szybkość ostygania w obu przypadkach będzie ta sama, dzięki czemu łatwo obliczyć ciepło właściwe oleju. Przedstawić na wykresie przebieg ostygania wody i oleju (między osiami czasu i temperatury).

14. Pomiar przyspieszenia ciężkości.

Pomiaru dokonywa się z pomocą wahadła, którym jest wycięty z grubego kartonu wąski prostokąt lub figura dowolnego kształtu długości 60 cm. Osią wahadła może być długa szpilka, przetknięta przez karton i umieszczona na dwóch pałeczkach szklanych, odpowiednio ułożonych na stole.

a. Wyznaczenie środka ciężkości wahadła. Przetknąwszy karton szpilką gdziekolwiek bądź w pobliżu jego brzegu, umieścić wahadło na pałeczkach szklanych. Zawiesić na szpilce nitkę, obciążoną dużym gwoździem. Oznaczyć na kartonie ołówkiem kierunek pionu. Wetknąwszy szpilkę w innem miejscu, wykreślić w taki sam sposób nowy kierunek pionu. Sprawdzić, czy środek ciężkości został wyznaczony prawidłowo (wahadło zawieszone na szpilce, przechodzącej przez środek ciężkości, pozostanie w równowadze w każdym położeniu).

b. Wykreślić przekątną prostokąta i zaznaczyć na niej dwucentymetrowe odstępów, licząc od środka ciężkości. Umieszczając szpilkę kolejno w odległości 30 cm, 28, 26 i t. d. aż do 4 cm od środka ciężkości, obliczyć ile wahań wykona wahadło w każdym położeniu w ciągu dwóch minut (kąt wychYLENIA powinien być możliwie mały). Gdyby wskutek tarcia nie były możliwe obserwacje, nieprzerywane w ciągu dwóch minut, to można się ograniczyć do 1'5 minuty. Wynik (odległości od środka i odpowiadające im ilości wahań) zestawić w tabelce i przedstawić na wykresie. Podziałka osi wahań może być zaczęta od liczby wahań znalezionej dla odległości 4 cm.

Z teorii wahadła wynika, że długość zredukowana wahadła (ob.) równa się sumie odległości (nierównych) osi wahadła od środka ciężkości wahadła, przy których wahania wahadła odbywają się w tym samym czasie. Przeprowadziwszy na wykresie równoległe do osi odległości, znaleźć kilka par takich odległości, którym odpowiada jednakowa ilość wahań w tym samym czasie, i obliczyć odnośne długości zredukowane. Znając zaś długość zredukowaną łatwo już obliczyć (ze wzoru na ruch wahadło-

wy, przyspieszenie ciężkości. Wykonać takie obliczenie dla kilku odległości od środka ciężkości, na przykład 30 cm, 25 cm i 20 cm.

Zbadać na podstawie wykresu, przy jakim położeniu osi wahań długość zredukowana jest najmniejsza i czemu się wtedy równa. Kiedy ona jest największa i czemu się wtedy równa?

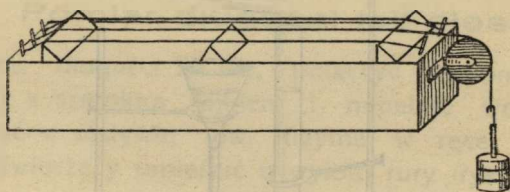
15. Ćwiczenia z monochordem (sonometrem).

Zauważyć, jak zmieniają się dźwięki, wydawane przez strunę: 1) przy zmianie napięcia struny; 2) przy zmianie długości struny. Do zmiany napięcia służą kołki, do zmiany długości — ruchome podstawki (rys. 7).

a. Interwały muzyczne. Nastroić dwie struny (pierwszą i trzecią) monochordu na ten sam ton zasadniczy. W celu sprawdzenia, czy struny są zgodnie nastrojone (unisono), szarpnąć jedną strunę i zaraz potem dotknąć jej ręką, by stłumić jej dźwięk. Jeżeli struny są nastrojone na ten sam ton, to chociaż pierwsza struna przestanie dźwięczyć, usłyszymy w dalszym ciągu taki sam dźwięk, wytworzony przez drugą strunę (ob. rezonans). O tem, że to dźwięczy druga struna, można się przekonać, dotykając jej ręką i stwierdzając, że dźwięk wówczas natychmiast ustaje. Przy nastrajaniu strun unisono można korzystać ze zjawiska dudnienia (ob.). Szarpiąc jednocześnie obie struny, których tony niewiele się różnią, zwrócić uwagę na dudnienia i postępować (obracając kołek monochordu) w taki sposób, aby częstość dudnień była coraz mniejsza, aż wreszcie dudnienia znikną zupełnie. Po stwierdzeniu, że struny są nastrojone unisono umieszczać kolejno podstawkę pośrodku jednej struny, w odległości $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ od końca struny, t. zn. od ostrza podstawki nieruchomej, i porównywać dźwięk, wydawany przez strunę nieskróconą, z dźwiękiem, wydawanym przez dłuższą część struny, podzielonej na dwie części zapomocą podstawki. Zwrócić uwagę, aby struna mocno przylegała do

podstawki, w przeciwnym razie należy przytknąć do struny nad ostrzem podstawki nóż lub in. przedm. Długości drgających strun mają się do siebie kolejno jak 2:1, 3:2, 4:3, 5:4, a tony przez struny wytworzone tworzą kolejno następujące interwały: oktawę, kwintę, kwartę i tercję wielką.

b. Tworzenie się węzłów i strzałek na strunie. Ustawić podstawkę w odległości $\frac{1}{3}$ od końca struny i szarpnąć palcem krótszą część struny. Drgania krótszej części



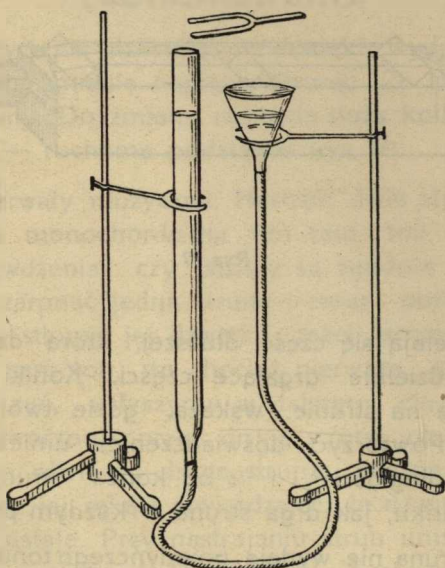
Rys. 7.

struny udzielają się części dłuższej, która dzieli się przytem na oddzielnie drgające części. Koniki papierowe, umieszczone na strunie, wskażą, gdzie tworzą się węzły i strzałki. Powtórzyć doświadczenie, umieszczając podstawkę w odległości $\frac{1}{4}$ i $\frac{1}{5}$ od końca struny. Przedstawić na rysunku, jak drga struna w każdym przypadku.

c. Struna nie wydaje pojedynczego tonu, lecz zespół tonów czyli dźwięk. Szarpnąć strunę w pobliżu jej końca. dotykać lekko palcem kolejno w odległości $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ i t.d, od drugiego końca struny. Słyszać tony coraz wyższe (o częstości drgań 2, 3, 4 razy większej) — są to tony harmoniczne. Dotknięcie palcem ma na celu stłumienie tonów niższych, mocniejszych. Pozostają tylko te drgania, które wytwarzają węzły w miejscu dotknięcia struny. Pokazać na rysunku, jakie jednoczesne drgania struna wykonywa.

d. Barwa dźwięku (ob.) zależy od miejsca szarpnięcia struny. Oddalając stopniowo miejsce szarpnięcia struny,

od środka ku jej końcowi, można stwierdzić zmianę barwy powstałego dźwięku. W powstałym dźwięku niema tych tonów dodatkowych, dla których miejsce potrącenia struny powinno być miejscem tworzenia się jednego z węzłów. Dla przekonania się o tem: 1) szarpnąć strunę pośrodku i zaraz potem dotknąć jej palcem w tem samym miejscu; 2) szarpnąć pośrodku i zaraz potem dotknąć jej kolejno w odległości $\frac{1}{3}$ i $\frac{1}{5}$ od końca; 3) szarpnąć strunę w odległości $\frac{1}{3}$ i dotknąć jej w tem samym



Rys. 8.

miejscu; 4) szarpnąć w odległości $\frac{1}{3}$ i dotknąć kolejno w odległości $\frac{1}{2}$ i $\frac{1}{4}$ od końca. Określić jakich tonów dodatkowych brak, gdy strunę szarpnięto pośrodku, i jakich brak, gdy strunę szarpnięto w odległości $\frac{1}{3}$. Powstałe drgania przedstawić na rysunku.

e. Zależność pomiędzy częstością drgań struny i jej napięciem. Obciążyć swobodny koniec środkowej struny 4 Kg i nastroić z nią unisono jedną z pozostałych

strun (jak w ćw. a). Następnie zwiększyć obciążenie struny środkowej do 9 Kg i, umieszczając odpowiednio podstawkę, znaleźć taką długość tamtej struny, przy której ona dźwięczy zgodnie ze struną pierwszą (środkową). Obliczyć interwał tonów zasadniczych przy obu obciążeniach. Postępując w podobny sposób, znaleźć interwał dla obciążeń 3 Kg i 12 Kg. Sformułować zależność pomiędzy częstością drgań i napięciem struny. Uważać, aby ciężary nie spadły na nogi! Nie zbliżać twarzy do struny, wobec możliwości pęknięcia strunyl

16. Pomiar długości fali głosowej.

Rurę, długości 50 cm, połączyć zapomocą rurki gumowej z szerokim lejkiem i napęlnić wodą. Rurę umocować w statywie (ew. trzyma w ręce pomocnik). Stroik dźwięczący umieścić u wylotu rury (rys. 8).

Podnosząc i obniżając lejek, oznaczyć kilkakrotnie to miejsce rury, do którego dosięga woda w rurze, gdy ton rozbrzmiewa najsilniej (rezonans). Odległość zaznaczonego miejsca od wylotu rury równa się ćwierci fali badanego tonu (ściślej, równa się: $\frac{1}{4}\lambda - \frac{\pi}{4}r$, gdzie r — promień rury). Poszukać, czy ton nie rozbrzmiewa silnie również i przy drugim, niższym poziomie cieczy w rurze. W jakim stosunku do długości fali znajduje się odległość wzajemna dwóch takich poziomów? Przerobić ćwiczenia z kilkoma różnymi stroikami. Przekonać się, czy położenie stroika względem wylotu rury ma wpływ na wynik doświadczenia (ob. interferencja).

17. Zwierciadło płaskie.

a. Sprawdzenie prawa odbicia. Na arkuszu papieru, rozpiętym na stole, narysować prostą i ustawić pionowo zwierciadło płaskie tak, aby jego przednia krawędź przylegała do tej prostej. W dwóch punktach, nie leżących na prostopadłej do zwierciadła, wetknąć dwie szpilki. Widząc obrazy obu tych szpilek w zwierciadle, wetknąć jeszcze dwie szpilki tak, aby przypadwały one w jednym kie-

runku z obrazami pierwszych dwóch szpilek. Sprawdzić, czy pierwsze dwie szpilki znajdują się również w jednym kierunku z obrazami dwóch drugich szpilek. Zaznaczyć ołówkiem kierunek, wytknięty przez pierwsze dwie szpilki (promień padający) i przez drugie dwie szpilki (promień odbity). Po usunięciu zwierciadła i szpilek wykreślić przez miejsce przecięcia promieni prostopadłą do powierzchni zwierciadła. Zmierzyć kąt padania i odbicia. Wyznaczyć grubość zwierciadła.

b. Odchylenie promienia odbitego, spowodowane obrotem zwierciadła. Ustawić zwierciadło i wykreślić promień padający i odbity (jak w ćwicz. poprzednim). Obrócić zwierciadło o pewien kąt, zaznaczając nowe położenie ołówkiem. Nie zmieniając pierwotnego kierunku promienia padającego, wykreślić promień odbity. O jaki kąt odchylił się promień odbity? Jaka istnieje zależność pomiędzy kątem obrotu zwierciadła i kątem odchylenia promienia?

c. Odległość przedmiotu i obrazu od zwierciadła. Ustawić zwierciadło i zaznaczyć na papierze prostą wzdłuż tylnej krawędzi zwierciadła. Wetknąć jedną szpilkę przed zwierciadłem, a drugą w tym miejscu za zwierciadłem, gdzie widoczny jest obraz pierwszej. Zaznaczyć miejsca obu szpilek i zmierzyć ich odległości od zwierciadła. Przy wyznaczaniu miejsca, w którym znajduje się obraz, trzeba pamiętać, aby górna część szpilki, widzianej ponad zwierciadłem, stanowiła przedłużenie obrazu szpilki przy każdym położeniu oka. Należy sobie zdawać sprawę, jak trzeba zmienić położenie szpilki, gdy, przy przesuwaniu oka na prawo lub na lewo, główka szpilki przesuwa się za każdym razem w tę samą stronę, co oko, lub też w stronę przeciwną.

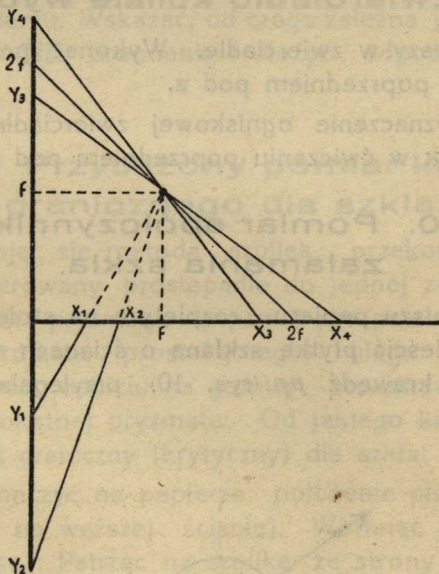
d. Obrazy wielokrotne. Ustawić dwa zwierciadła płaskie pod kątem 120° . Umieszczając w rozmaitych miejscach pomiędzy zwierciadłami szpilkę, zbadać, ile tworzy się obrazów, i wyznaczyć ołówkiem ich położenie. Wykonać to samo dla kątów pomiędzy zwierciadłami: 90° i 72° . Pokazać na rysunku, ile obrazów tworzy się, gdy kąt pomiędzy zwierciadłami wynosi 60° .

18. Z zwierciadło kuliste wklęsłe.

a. Obrazy w zwierciadle. To zbliżając zwierciadło do oka, to je od oka oddalając, zauważyć, jakie powstają obrazy oka: kiedy proste i kiedy odwrócone, kiedy powiększone i kiedy zmniejszone. Zbliżając do zwierciadła i oddalając od niego ołówek, zwrócić uwagę na obrazy ołówka w zwierciadle.

b. Wyznaczenie ogniskowej zwierciadła.

1) Na arkuszu papieru, rozpiętym na stole, ustawić zwierciadło, osadzone na podstawie lub na korku. Umieścić przed zwierciadłem szpilkę tak, aby powstał obraz prosty i powiększony (pozorny). Z pomocą drugiej szpilki wyznaczyć miejsce, w którym znajduje się obraz (ob. ćw. 17 c)



Rys. 9.

Powtórzyć doświadczenie, zmieniając za każdym razem odległość przedmiotu od zwierciadła. Zwrócić uwagę, w jakim kierunku przesuwa się obraz, gdy przedmiot zbliża się do zwierciadła lub się od niego oddala. Ze wzoru na zwierciadło kuliste obliczyć ogniskową zwierciadła. Wyniki ze-

stawić w tabelce (x , y , f). Odmierzyć na osi odciętych wartości dla x , na osi rzędnych (na ujemnym kierunku) — dla y ; połączyć prostą odpowiadające sobie punkty. Spółrzędne miejsca przecięcia tych prostych są równe ogniskowej zwierciadła (rys. 9, x_1 , x_2 , y_1 , y_2).

2) Zapaloną świeczkę umieścić w pewnej odległości od zwierciadła. Wyznaczyć za pomocą ekranu (kartki papieru) miejsce, w którym powstał obraz (wyraźny!). Zmieniać położenie świeczki — oddalając ją od zwierciadła, względnie zbliżając ją ku niemu — i wyznaczyć każdorazowe położenie obrazu. Zwrócić uwagę na wielkość obrazów. Zestawić otrzymane wartości dla x i y . Wyniki przedstawić graficznie (rys. 9). Obliczyć ogniskową (f).

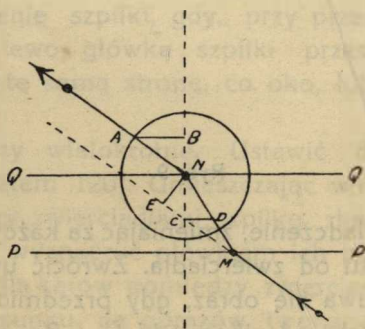
19. Zwierciadło kuliste wypukłe.

a. Obrazy w zwierciadle. Wykonać podobnie, jak w ćwiczeniu poprzednim pod a.

b. Wyznaczenie ogniskowej zwierciadła. Wykonać podobnie, jak w ćwiczeniu poprzednim pod b1.

20. Pomiar współczynnika załamania szkła.

Na arkuszu papieru, rozpiętym na stole, narysować prostą i umieścić płytkę szklaną o ścianach równoległych tak, aby jej krawędź pp (rys. 10) przylegała do tej pro-



Rys. 10.

stej. Z jednej strony płytki w dwóch punktach, nie leżących na prostopadłej do ściany płytki, wetknąć dwie szpilki. Patrząc ze strony przeciwnej na te szpilki, wetknąć trzecią i czwartą szpilkę tak, aby wszystkie cztery szpilki zdawały się ustawionymi na jednej prostej. Zaznaczywszy na papierze przeciwległą krawędź podstawy płytki, usunąć płytkę i szpilki i przez miejsca nakłuć poprowadzić ołówkiem proste do przecięcia się z odpowiednią krawędzią, a miejsca przecięć połączyć trzecią prostą. Te trzy proste przedstawiają bieg promienia świetlnego (rys. 10). Dowieść, że stosunek odcinków AB i CD jest współczynnikiem załamania szkła względem powietrza. Powtórzyć kilkakrotnie pomiar, zmieniając kąt padania promieni; z każdego pomiaru obliczyć współczynnik załamania. Dowieść, że promień po przejściu przez płytkę nie ulega odchyleniu. Wskazać, od czego zależy wielkość przesunięcia NE promienia i ułożyć odpowiednie równanie.

21. Przybliżony pomiar kąta granicznego dla szkła.

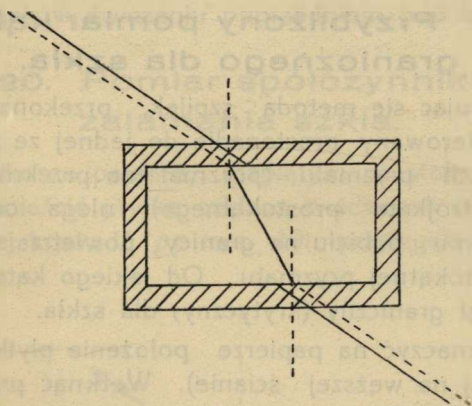
Posługując się metodą szpilek, przekonać się, że promień skierowany prostopadle do jednej ze ścian przyprostokątnych pryzmatu (pryzmat ma przekrój równoramiennego trójkąta prostokątnego) ulega całkowitemu wewnętrznemu odbiciu na granicy powietrza u ściany przeciwprostokątnej pryzmatu. Od jakiego kąta jest więc mniejszy kąt graniczny (krytyczny) dla szkła.

b. Oznaczyć na papierze położenie płytki szklanej (postawionej na węższej ścianie). Wetknąć przy ścianie płytki szpilkę. Patrząc na szpilkę ze strony przeciwnej, przesuwać wzdłuż tej strony prostokątny pasek papieru tak, aby on zaledwie pokrywał obraz szpilki. Przy przesunięciu oka dalej w bok szpilka znowu będzie widoczna. Przy dalszym przesunięciu papieru obraz szpilki znowu zostanie pokryty. Postępując w ten sposób w dalszym ciągu, osiągnie się wreszcie położenie oka, przy którym szpilka wogóle przestanie być widoczna. Zaznaczyć brzeg

paska szpilką. Prosta, łącząca miejsca wetknięcia obu szpilek, oznacza kierunek promienia w szkłe, któremu w powietrzu odpowiada promień załamany, skierowany wzdłuż krawędzi płytki. Obliczyć kąt graniczny. Porównać wynik doświadczenia z teorią. Pomiar kilkakrotnie powtórzyć.

22. Pomiar współczynnika załamania cieczy.

Naczynko prostopadłościenne napelnić badaną cieczą (wodą, dwusiarczkiem węgla) i wykonać pomiar, jak w ćwic. 20. Zbadać, w jakim stopniu ulega przesunięciu promień w naczynku próżnym (przy tym samym kierunku promienia padającego). Jeśli przesunięcie to przekracza błąd doświadczenia, to należy je uwzględnić przy obliczaniu współczynnika załamania badanej cieczy (obrys. 11).



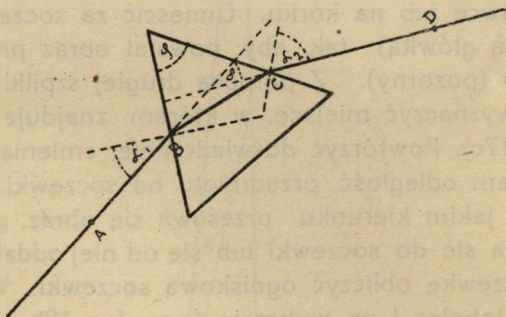
Rys. 11.

23. Załamanie w pryzmacie.

a. Wyznaczenie odchylenia promienia. Ustawić na arkuszu papieru pryzmat szklany o przekroju trójkąta równoramiennego i zaznaczyć ołówkiem krawędzie trój-

kątej podstawy pryzmatu. Umieścić jedną szpilkę tuż przy krawędzi, a drugą nieco dalej. Patrząc ze strony przeciwnej pryzmatu, wetknąć przy krawędzi trzecią szpilkę i nieco dalej czwartą tak, aby widzieć wszystkie cztery szpilki w kierunku jednej prostej. Usunąć pryzmat i przez miejsca nakłuć szpilek przeprowadzić trzy proste (AB, BC, CD na rys. 12). Zmierzyć odchylenie promienia (δ), zmieniając kąt padania (α_1) promienia od 90° do 0° . Wyniki ułożyć w tabelce i przedstawić na wykresie δ jako funkcję α . Zwrócić uwagę, przy jakiej wartości kąta padania odchylenie jest najmniejsze i przy jakiej największe. Zwrócić uwagę, od jakiej wartości kąta padania począwszy, promień ulega całkowitemu odbiciu (należy nauczyć się odróżniać odbicie całkowite od odbicia zwykłego).

b. Wyznaczenie współczynnika załamania przez pomiar najmniejszego odchylenia. Jeśli pomiary w poprzednim doświadczeniu były wykonane dokładnie, to naj-



Rys. 12.

mniejszą wartość odchylenia otrzymano wtedy, gdy promień, padający na pryzmat, oraz promień, wychodzący z pryzmatu, tworzyły równe kąty z odpowiadającymi im ścianami pryzmatu. Powtórzyć doświadczenie poprzednie, umieszczając dwie szpilki w równych odległościach od krawędzi łamiącej pryzmatu. Odchylenie promienia w tym przypadku jest odchyleniem najmniejszym. Zmierzyć to

odchylenie i obliczyć, stosując odpowiedni wzór (ob.), współczynnik załamania: 1) szkła, z którego zrobiony jest pryzmat; 2) cieczy (wody, dwusiarczku węgla), którą wypełniono szklane naczynko pryzmatyczne.

24. Soczewka wypukła.

a. Obrazy w soczewce. Oglądać przez soczewkę odległy przedmiot (zapaloną lampę), zbliżając i oddalając soczewkę od oka. Odsunawszy soczewkę od oka na taką odległość, że obraz przedmiotu (lampy) widziany jest w postawie odwróconej, zbliżać się do przedmiotu, nie zmieniając odległości soczewki od oka. Zwrócić uwagę, kiedy powstają obrazy proste i kiedy — odwrócone, kiedy — zmniejszone i kiedy — powiększone. Jak to wytłumaczyć?

b. Wyznaczenie ogniskowej soczewki.

1) Na arkuszu papieru ustawić soczewkę osadzoną na podstawce lub na korku. Umieścić za soczewką szpilkę (z białą główką) tak, aby powstał obraz prosty i powiększony (pozorny). Z pomocą drugiej szpilki (z czarną główką) wyznaczyć miejsce, w którym znajduje się obraz (ob. ćw. 17c). Powtórzyć doświadczenie, zmieniając za każdym razem odległość przedmiotu od soczewki. Zwrócić uwagę, w jakim kierunku przesuwają się obrazy, gdy przedmiot zbliża się do soczewki lub się od niej oddala. Z wzoru na soczewkę obliczyć ogniskową soczewki. Wyniki zestawić w tabelce i na wykresie (por. ćw. 18b i rys. 9).

2) Zapaloną świeczkę umieścić w pewnej odległości od soczewki. Wyznaczyć z pomocą ekranu (kartki papieru) miejsce, w którym powstał obraz (wyrazny). Zmieniać położenie świeczki, oddalając ją od soczewki, względnie zbliżając do soczewki, i wyznaczyć każdorazowe położenie przedmiotu i obrazu. Zwrócić uwagę na wielkość obrazu. Zestawić wyniki (x , y), przedstawić je graficznie i obliczyć ogniskową.

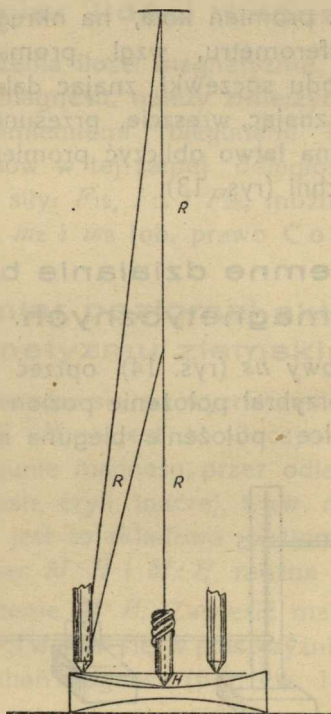
25. Soczewka wklęsła.

a. Obrazy w soczewce. Wykonać podobnie jak w ćwiczeniu poprzednim pod a.

b. Wyznaczenie ogniskowej soczewki. Wykonać podobnie jak w ćwiczeniu poprzednim pod b1.

26. Pomiar współczynnika załamania soczewki.

Znając ogniskową i promień krzywizny obu powierzchni soczewki, można obliczyć ogniskową soczewki.



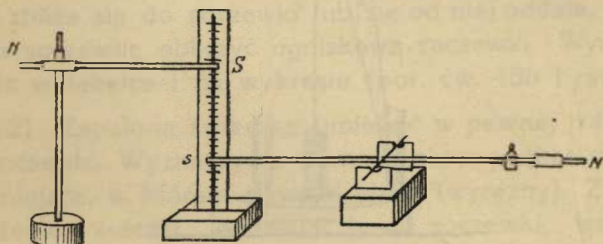
Rys. 13.

Promień krzywizny wyznaczyć z pomocą sferometru.
O ile soczewka jest tak mała, że nie da się na niej usta-

wieć sferometru, to należy narysować na papierze szereg kół współśrodkowych, z których jedno ściśle powinno odpowiadać obwodowi badanej soczewki. Zmierzyć w kilku miejscach przy brzegu grubość soczewki dwuwklęsłej. Umieścić na soczewce sferometr, wzgl. umieścić soczewkę na papierze tak, aby obwód soczewki dokładnie przylegał do jednego z kół narysowanych; nóżki sferometru powinny wtedy znajdować się na obwodzie jednego z kół. Obracając śrubkę sferometru, ustalić takie jej położenie, w którym dotknie powierzchni soczewki (należy osiągnąć ten stan, kręcąc śrubkę kolejno w prawą i w lewą stronę — w razie niewielkich różnic wziąć wartość średnią). To samo powtórzyć w stosunku do drugiej powierzchni soczewki. Znając promień koła, na okręgu którego znajdują się nóżki sferometru, wzgl. promień koła, które przylega do obwodu soczewki, znając dalej grubość brzegów soczewki i znając, wreszcie, przesunięcie (H) śrubki sferometru, można łatwo obliczyć promień krzywizny (R) badanej powierzchni (rys. 13).

27. Wzajemne działanie biegunów magnetycznych.

Magnes linjowy NS (rys. 14) oprzeć na ostrzu i sta-
rować tak, aby przybrał położenie poziome. Odczytać na
pionowej podziałce położenie bieguna magnesu. Drugi



Rys. 14.

magnes linjowy NS umocować w położeniu poziomem i umieścić w takiej odległości od magnesu pierwszego,

aby biegun pierwszego odchylił się nieco ku dołowi. Za pomocą konika o znanej masie doprowadzić magnes ruchomy z powrotem do położenia poziomego. Znając masę konika, odległość konika i bieguna magnesu od osi, można obliczyć siłę, z jaką dwa bieguny S i s odpychają się wzajemnie (biegun magnesu znajduje się w odległości $1/12$ od końca magnesu). Zmieniając dowolnie odległość biegunów (Sis), obliczyć dla każdego położenia siłę i zbadać, jaki istnieje związek pomiędzy siłą, czynną między biegunami magnetycznymi, a odległością wzajemną biegunów. Powtórzyć doświadczenie, zwróciwszy magnesy ku sobie biegunami północnymi (N i n).

28. Pomiar ilości magnetyzmu.

Dla wyznaczenia ilości magnetyzmu, które zawarte są w biegunach magnesu, należy zmierzyć siły, działające pomiędzy jednoimiennymi biegunami każdych dwóch z trzech magnesów w tej samej odległości (por. ćw. 27 i rys. 14). Mając siły: F_{12} , F_{13} i F_{23} , można obliczyć ilości magnetyzmu: m_1 , m_2 i m_3 (ob. prawo Coulomba).

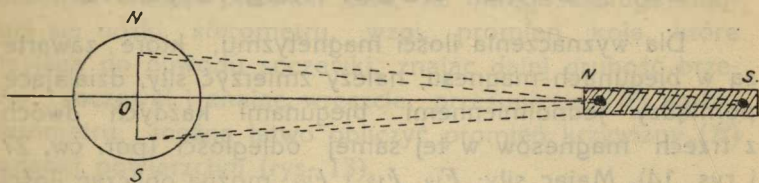
29. Pomiar poziomej składowej magnetyzmu ziemskiego.

Pomiar sprowadza się do wyznaczenia iloczynu $M \cdot H$ i ilorazu $M : H$ (M — jest to iloczyn z magnetyzmu, zawartego w biegunie magnesu, przez odległość pomiędzy biegunami magnesu, czyli, inaczej, t. zw. moment magnetyczny, H zaś — jest to składowa pozioma magnetyzmu ziemskiego). Mając $M \cdot H$ i $M : H$, można obliczyć i M i H .

a. Wyznaczenie $M \cdot H$. Zawiesić magnes linjowy na nitce tak, aby mógł wahać się w płaszczyźnie poziomej. Wyznaczyć okres wahań magnesu (por. ćw. 14). Iloczyn $M \cdot H$

obliczyć z wzoru $T = 2 \pi \sqrt{\frac{B}{M \cdot H}}$, gdzie B (moment bezwładności) równa się $\frac{m l^2}{12}$ (t. zn. $1/12$ iloczynu z masy magnesu przez kwadrat długości magnesu).

b. Wyznaczenie $M:H$. Na arkuszu papieru narysować prostą i podzielić ją na odstępów centymetrowe. Igielkę deklinacyjną umieszczoną na tarczy, opatrzoną podziałką kątową, ustawić tak, aby kierunek igielki był prostopadły do prostej, a oś igielki znajdowała się pionowo nad prostą. Umieścić magnes linjowy wzdłuż prostej (oś podłużna magnesu powinna znajdować się nad prostą) w takiej odległości od igielki, aby igielka wykręciła się o kąt 45° (rys. 15). Zaznaczyć ołówkiem położenie magnesu. Powtórzyć to samo, skierowując magnes drugim biegunem ku igle. Następnie umieścić magnes po drugiej stronie (lewej) igielki i wykonać takie same dwa



Rys. 15.

pomiary. Z czterech doświadczeń obliczyć średnią wartość odległości NO i SO (odległości biegunów od końca magnesu, ob. ćw. 27). Niechaj odległości biegunów NN i SN będą odpowiednio r_1 i r_2 , i niechaj ilości magnetyzmu, zawarte w biegunie igielki i magnesu, będą odpowiednio m_1 i m_2 , wtedy siła, obracająca igielkę w jedną stronę, będzie $2m_1m_2 : r_1^2$, a siła, obracająca igielkę w drugą stronę, będzie $2m_1m_2 : r_2^2$; wypadkowa więc

$$F_1 = 2 m_1 m_2 \left(\frac{1}{r_1^2} - \frac{1}{r_2^2} \right) \text{ i po przekształceniu}$$

$$F_1 = 2 m_1 m_2 \frac{(r_2 - r_1) (r_2 + r_1)}{r_1^2 \cdot r_2^2}$$

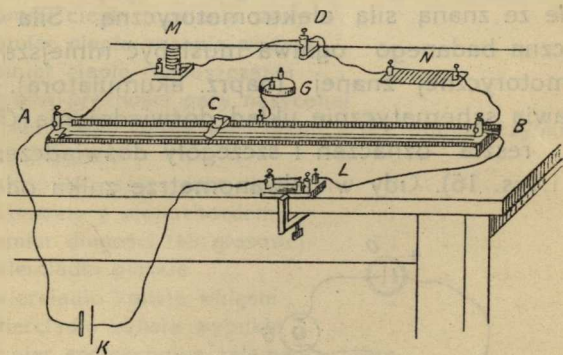
Wobec tego, że długość igielki jest bardzo mała w porównaniu z odległością NO, można więc przyjąć, że $r_1 = NO$ i $r_2 = SO$, a wtedy $r_2 - r_1 = l$ (odległości między biegunami magnesu linjowego), więc ostatecznie

$$F_1 = 2 m_1 M \frac{r_1 + r_2}{r_1^2 \cdot r_2^2}. \text{ Na igielkę działa jednocześnie}$$

druga siła F_2 , spowodowana przez składową poziomą magnetyzmu ziemskiego; $F_2 = 2 H m_1$. Ponieważ kąt wychylenia igielki 45° , więc $F_1 = F_2$. Stąd $\frac{M}{H} = \frac{r_1^2 \cdot r_2^2}{r_1 + r_2}$.

30. Pomiar oporu elektrycznego.

Pomiary dokonywa się zapomocą mostka. Jako źródło prądu służyć może akumulator lub ogniwo kupron. Rys. 16 przedstawia schematycznie układ doświadczenia AB — mostek, K — ogniwo, L — wyłącznik, M — opór znany, N — opór szukany, C — kontakt ruchomy, G — galwanometr. Pomiar sprowadza się do odnalezienia takiego położenia kontaktu ruchomego, przy którym prąd znika w odgałęzieniu CD . Wtedy między oporem znanym i oporem szukanym zachodzi stosunek $= AC:CB$. Należy dobierać taki opór M , aby kontakt C znajdował się w pobliżu środka mostka AB . Po odnalezieniu takiego położenia kontaktu rucho-



Rys. 16.

mego, przy którym znika odchylenie igły w galwanometrze, powtórzyć pomiar, wymieniwszy M z N . Druty, służące do połączeń, powinny być krótkie i grube tak, aby ich opór mógł być niebrany pod uwagę. Końce drutów należy oczyścić szczyrykiem lub papierem szklanym.

a. Opór drutu w zależności od długości drutu. Drut manganinowy lub konstantanowy o średnicy 0,1 cm

pociąć na kawałki długości 2 m, 4 m i 6 m, zwinąć w zwoje i zmierzyć opór każdego zwoju z oddzielną. Podać, jak się zmienia opór drutu w zależności od długości drutu.

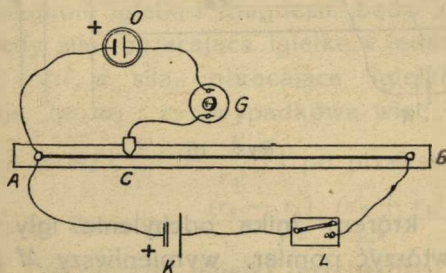
b. Opór drutu w zależności od grubości drutu. Zmierzyć opory drutów jednakowej długości, lecz o różnym przekroju (0,1 cm i 0,05 cm). Podać, jak się zmienia opór drutu w zależności od grubości drutu.

c. Obliczyć opór właściwy manganinu, konstantanu, żelaza i in. (w przypadku żelaza wziąć 10 m drutu o przekroju 0,1 cm).

d. Zmierzyć łączny opór kilku drutów, połączonych w szereg, i łączny opór tych samych drutów, połączonych równolegle. Wyrazić dla obu przypadków związek między oporem równoważnym, a oporami spiętymi.

31. Pomiar siły elektromotorycznej ogniwa.

Pomiaru dokonywa się z pomocą mostka przez porównanie ze znaną siłą elektromotoryczną. Siła elektromotoryczna badanego ogniwa musi być mniejsza od siły elektromotorycznej znanej (naprz. akumulatora). Rys. 17 przedstawia schematycznie układ doświadczenia ($\mathcal{O}$ -ogniwo badane, reszta oznaczeń i szczegóły doświadczenia ob. ćw. 30 i rys. 16). Gdy w galwanometrze znika odchylenie



Rys. 17.

igły, wtedy szukana siła elektromotoryczna ma się tak do znanej, jak AC do AB . Zbadać wpływ odległości wzajemnej elektrod i stopnia ich zanurzenia w elektrolicie.

SPIS RZECZY

No ćw.	Str.
1. Pomiar objętości	1
2. Składanie sił	2
3. Pomiar tarcia	5
4. Sprawdzenie prawa Archimedes'a	5
5. Pomiar gęstości	6
6. Pomiar rozszerzalności cieplnej	7
7. Obliczenie równoważnika wodnego kalorymetru	9
8. Pomiar ciepła właściwego	9
9. Pomiar ciepła topnienia wody	10
10. Pomiar ciepła wrzenia wody	11
11. Pomiar ciepła rozpuszczania	11
12. Pomiar prężności pary nasyconej	11
13. Wyznaczenie ciepła właściwego przez pomiar szybkości ostygnięcia	12
14. Pomiar przyspieszenia ciężkości	13
15. Ćwiczenia z monochordem	14
16. Pomiar długości fali głosowej	17
17. Zwierciadło płaskie	17
18. Zwierciadło kuliste wklęsłe	19
19. Zwierciadło kuliste wypukłe	20
20. Pomiar współczynnika załamania szkła	20
21. Pomiar kąta granicznego	21
22. Pomiar współczynnika załamania cieczy	22
23. Załamanie w pryzmacie	22
24. Soczewka wypukła	24
25. Soczewka wklęsła	25
26. Pomiar współczynnika załamania soczewki	25
27. Wzajemne działanie biegunów magnetycznych	26
28. Pomiar ilości magnetyzmu	27
29. Pomiar poziomej składowej magnetyzmu ziemskiego	27
30. Pomiar oporu elektrycznego	29
31. Pomiar siły elektromotorycznej ogniwa	30

SPIS REZCY

275 2
5
1375

Biblioteka Uniwersytetu
MARII CURIE-SKŁODOWSKIEJ
w Lublinie

189988



1000174505

DRUKARNIA J. KELTER,
Warszawa, Rymarska 8.
